

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-261892

(43)Date of publication of application : 11.10.1996

(51)Int.Cl.

G01N 1/26

G01N 1/00

(21)Application number : 07-065825

(71)Applicant : KOITO IND LTD

(22)Date of filing : 24.03.1995

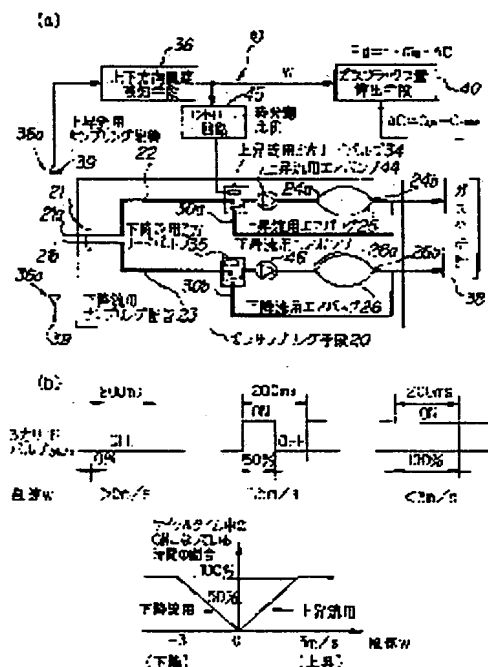
(72)Inventor : MORIYA TAKASHI  
HANDA SHIGERU

## (54) DEVICE FOR MEASURING GAS FLUX

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide 4 device for measuring gas flux which has high separation performance and wherein the gas flux can be measured with small measuring errors.

**CONSTITUTION:** Two pieces of sampling piping 22, 23 are individually provided for each air bag 25, 26, and three-way lead valves 35, 34 are set between the outlets 21a, 21b of the sampling piping and the inlets 24a, 26a of the air bags. A gas sampling means 20 for connecting the discharge openings 30a, 30b of the three-way lead valves 35, 34 and the outlets 24b, 26b of the air bags is equipped. Gas flux  $F_g$  is calculated on the basis of a difference between concentration average values of components of gas  $\bar{C}$ , standard deviation of wind velocity  $s_w$ , and an experiment coefficient  $b$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.01.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3420376

[Date of registration]

18.04.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成8年(1996)10月11日

101R

審査請求 未請求 請求項の数 3 O.L (全 16 頁)

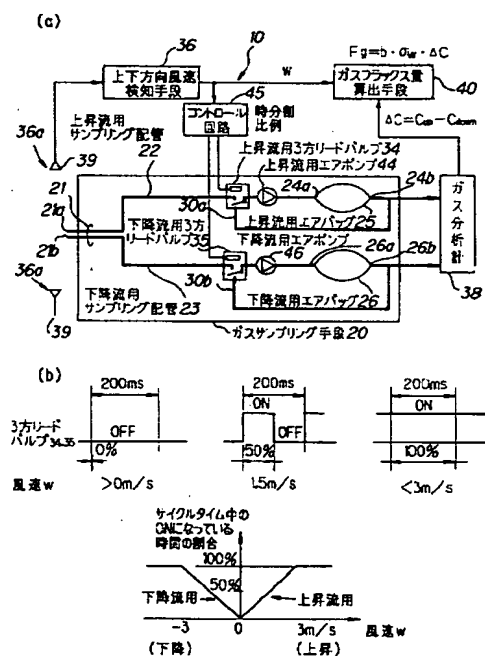
(74)代理人 弁理士 笹井 浩毅

(54) 【発明の名称】 ガスフラックス測定装置

(57) 【要約】

【目的】 高い分離性能を有し、測定誤差の少ないガスフラックスの測定が可能なガスフラックス測定装置を提供すること。

【構成】 エアバッグ25、26毎にサンプリング配管22、23が個別に設けられサンプリング配管の出口21a、21bとエアバッグの入口24a、26aとの間に3方リードバルブ35、34を連設するとともに3方リードバルブ35、34の吐出口30a、30bをエアバッグ出口24b、26bに接続したガスサンプリング手段20を備えて成り、ガスの成分の濃度平均値の差 $\Delta C$ 、風速の標準偏差 $\sigma_w$ 、実験計数 $b$ に基づいてガスフラックス $F_g$ を計算をする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】森林、草原、湿地から放出される炭酸ガス、メタンガス、亜酸化窒素ガス、水蒸気等のガスをサンプリング配管に接続されたエアバッグを介して取込むとともに、これらのガスのガスフラックスを測定するガスフラックス測定装置において、

風速の鉛直成分を測定する上下方向風速検知手段と、前記エアバッグ毎に前記サンプリング配管が個別に設けられ、当該サンプリング配管の出口と当該エアバッグの入口との間に高速応答性に優れた3方リードバルブが建設されるとともに、当該3方リードバルブの吐出口が当該エアバッグの出口に接続され、前記3方リードバルブを所定の方向に切換えることにより、前記サンプリング配管を介して、前記上下方向風速検知手段の風速測定箇所付近の前記ガスを前記風速の鉛直成分の値に応じた上昇流または下降流をサンプリング可能なガスサンプリング手段と、

サンプリングされたガスの成分の濃度平均値の差を求めるためのガス分析計と、

前記濃度平均値の差、前記風速の標準偏差に基づいて、前記ガスフラックスを計算するためのガスフラックス算出手段と、

を備えて成り、

前記風速の鉛直成分に基づく所定のサイクルタイムで当該3方リードバルブを時分割比例制御をすることにより、前記ガスフラックスを計算する、ことを特徴とするガスフラックス測定装置。

【請求項2】前記3方リードバルブに代えて、前記サンプリング配管の出口と前記エアバッグの入口との間に高速応答性に優れた2方リードバルブが建設され、前記風速の鉛直成分に基づく所定のサイクルタイムで当該2方リードバルブを時分割比例制御をすることにより、前記ガスフラックスを計算する、ことを特徴とする請求項1に記載のガスフラックス測定装置。

【請求項3】前記3方リードバルブに代えて、前記サンプリング配管の出口と前記エアバッグの入口との間に開度比例応答性に優れたマスフローコントローラが建設され、前記風速の鉛直成分に基づく所定のサイクルタイムで当該マスフローコントローラを比例制御をすることにより、前記ガスフラックスを計算する、ことを特徴とする請求項1に記載のガスフラックス測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、炭酸ガス、メタンガス、亜酸化窒素ガス、水蒸気等のガスのガスフラックスを測定するガスフラックス測定装置に関し、特に、これらのガスをサンプリング配管を介してエアバッグにサンプリングするとともに、ガスフラックスを測定可能であ

り、更に、サンプリングするガスが二酸化炭素や水蒸気の場合には植物群落の光合成呼吸速度や蒸発散速度を測定可能であるガスフラックス測定装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】野外でガスフラックスを測定する方法として、(a)チャンバ法、(b)空気力学的方法、(c)渦相関法などが知られている。これらの各測定法を用いた従来のガスフラックス測定装置の概略以下に説明する。

【0003】図4はチャンバ法を用いた従来のガスフラックス測定装置を説明するための概略系統図であり、図5は空気力学的方法を用いた従来のガスフラックス測定装置を説明するための概略系統図であり、図6は渦相関法を用いた従来のガスフラックス測定装置を説明するための概略系統図である。

【0004】チャンバ法を用いた従来のガスフラックス測定装置には、閉鎖式と開放式の2種類がある。

【0005】閉鎖式チャンバ法を用いた従来のガスフラックス測定装置は、地表面にチャンバをかぶせてチャンバ内の濃度を測定し、チャンバの容積 $V$ とチャンバ内のガス濃度の変化速度 $dC/dt$ 、および係数 $k$ からガス放出速度 $F_g = k \cdot V \cdot dC/dt$ を求めるものであった。

【0006】開放式チャンバ法を用いた従来のガスフラックス測定装置は、地表面にチャンバをかぶせてチャンバに一定量の空気を通気し、通気流量 $Q$ とチャンバ入口出口の濃度差 $\Delta C = C_{in} - C_{out}$ 、および係数 $k$ からガス放出速度 $F_g = k \cdot Q \cdot \Delta C$ を求めるものであった。

【0007】空気力学的方法（傾度法とも呼ばれる）を用いた従来のガスフラックス測定装置は、高さの異なる2点間の濃度差 $\Delta C = C_{z1} - C_{z2}$ の平均値と高さ方向の風速分布から求めた $z1$ と $z2$ の間の交換速度 $D1-2$ からガスフラックス $F_g = D1-2 \cdot \Delta C$ を計算するものであった。

【0008】渦相関法を用いた従来のガスフラックス測定装置は、風速の鉛直成分の標準偏差 $\sigma_w$ とガス濃度の変動の標準偏差 $\sigma_C$ からガスフラックス $F_g = \sigma_w \cdot \sigma_C$ を求めるものであった。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】従来技術のガスフラックス測定装置においては、サンプリング配管が1本でエアポンプの後の電磁弁で上昇流用、下降流用に分離していたため、配管の輸送遅れに相当する時間だけ電磁弁のON/OFFタイミングを遅延させる遅延回路が必要であり、サンプリング配管中の流速分布が不均一のために混合がおけるといふ問題点があった。

【0010】また、エアポンプの後の電磁弁でガスを上昇流用、下降流用に分離しており、風速がゼロに近く、また上下どちらでもないときは、専用の電磁弁を設けて

空気を捨てていたので、空気を捨てるための電磁弁が必要になり、サンプリング誤差が大きくなるという問題点があった。

【0011】チャンバ法を用いた従来のガスフラックス測定装置には、地表面から放出されるガスを確実に補足できる利点がある反面、チャンバをかぶせることによるガス環境の変化がガスフラックスに影響を及ぼすという問題点があった。

【0012】空気力学的方法を用いた従来のガスフラックス測定装置は、安定したある広さの空気層（測定高度の50～100倍の距離）が必要であるという問題点があった。

【0013】渦相関法を用いた従来のガスフラックス測定装置は、測定精度が良いとされているが、速い（約5～10Hzの）応答速度のガス分析計が必要であるという問題点があった。

【0014】また、別途高速応答型のガス分析計を用いた渦相関法による実験結果から実験係数を決める場合、装置毎に、または測定場所もしくは条件毎に実験係数を決定する必要があるため、決定に非常に手数がかり、また決定された実験係数が常に固定であるためガスフラックスの測定精度が低いという問題点があった。

【0015】本発明は、このような従来の問題点に着目してなされたもので、簡単な構成でサンプリング配管による輸送遅れや混合を防ぎ高い分離性能を有しかつ測定誤差の少ないガスフラックスの測定が可能な、実験係数を簡単かつ精度よく随時補正したガスフラックスの測定が可能な、また実験係数を用いることなく高精度のガスフラックスの測定が可能な、ガスフラックス測定装置を提供することを目的としている。

【0016】

【課題を解決するための手段】かかる目的を達成するための要旨とするところは、以下の3項に存する。

【0017】〔1〕項 森林、草原、湿地から放出される炭酸ガス、メタンガス、亜酸化窒素ガス、水蒸気等のガスをサンプリング配管（21）に接続されたエアバッグ（25、26）を介して取込むとともに、これらのガスのガスフラックス（Fg）を測定するガスフラックス測定装置において、風速の鉛直成分（w）を測定する上下方向風速検知手段（36）と、前記エアバッグ（25、26）毎に前記サンプリング配管（22、23）が個別に設けられ、当該サンプリング配管（22、23）の出口（21a、21b）と当該エアバッグ（25、26）の入口（24a、26a）との間に高速応答性に優れた前記3方リードバルブ（34、35）が連設されるとともに、当該3方リードバルブ（34、35）の吐出口（30a、30b）が当該エアバッグ（25、26）の出口（24b、26b）に接続され、前記3方リードバルブ（34、35）を所定の方向に切換えることにより、前記サンプリング配管（22、23）を介して、前

記上下方向風速検知手段（36）の風速測定箇所（36a）付近の前記ガスを前記風速の鉛直成分（w）の値に応じた上昇流または下降流をサンプリング可能なガスサンプリング手段（20）と、サンプリングされたガスの成分の濃度平均値の差（ $\Delta C (=C_{up} - C_{dn})$ 、 $C_{up}$ ：上昇流のガス成分の濃度平均値、 $C_{dn}$ ：下降流のガス成分の濃度平均値）を求めるためのガス分析計（38）と、前記濃度平均値の差（ $\Delta C$ ）、前記風速の標準偏差（ $\sigma w$ ）に基づいて、前記ガスフラックス（Fg）を計算をするためのガスフラックス算出手段（40）と、を備えて成り、前記風速の鉛直成分（w）に基づく所定のサイクルタイムで当該3方リードバルブ（34、35）を時分割比例制御をすることにより、前記ガスフラックス（Fg）を計算する、ことを特徴とするガスフラックス測定装置（10）。

【0018】〔2〕項 前記3方リードバルブ（34、35）に代えて、前記サンプリング配管（22、23）の出口（21a、21b）と前記エアバッグ（25、26）の入口（24a、26a）との間に高速応答性に優れた2方リードバルブ（48、50）が連設され、前記風速の鉛直成分（w）に基づく所定のサイクルタイムで当該2方リードバルブ（48、50）を時分割比例制御をすることにより、前記ガスフラックス（Fg）を計算する、ことを特徴とする〔1〕項に記載のガスフラックス測定装置（10）。

【0019】〔3〕項 前記3方リードバルブ（34、35）に代えて、前記サンプリング配管（22、23）の出口（21a、21b）と前記エアバッグ（25、26）の入口（24a、26a）との間に開度比例応答性に優れたマスフローコントローラ（52、54）が連設され、前記風速の鉛直成分（w）に基づく所定のサイクルタイムで当該マスフローコントローラ（52、54）を比例制御をすることにより、前記ガスフラックス（Fg）を計算する、ことを特徴とする〔1〕項に記載のガスフラックス測定装置（10）。

【0020】

【作用】本発明におけるガスフラックス測定装置（10）は、森林、草原、湿地から放出される炭酸ガス、メタンガス、亜酸化窒素ガス、水蒸気等のガスをサンプリング配管（22、23）を介してエアバッグ（25、26）に取込むとともに、これらのガスのガスフラックス（Fg）を測定する。

【0021】上下方向風速検知手段（36）は風速の鉛直成分（w）を測定することができる。風速の鉛直成分（w）の値によって上昇流3方リードバルブ（35）、または下降流3方リードバルブ（34）の一方を選択的にON（開）制御可能である。

【0022】ガスサンプリング手段（20）は、エアバッグ（25、26）毎にサンプリング配管（22、23）が個別に設けられ、当該サンプリング配管（22、

23)の出口(21a, 21b)と当該エアバッグ(25, 26)の入口(24a, 26a)との間に3方リードバルブ(34, 35)が連設されるとともに、当該3方リードバルブ(34, 35)の吐出口(30a, 30b)が当該エアバッグ(25, 26)の出口(24b, 26b)に接続され、3方リードバルブ(34, 35)を所定の方向に切換えることにより、サンプリング配管(22, 23)を介して、上下方向風速検知手段(36)の風速測定箇所(36a)付近のガスを風速の鉛直成分(w)の値に応じた上昇流または下降流を上昇流用エアバッグ(25)または下降流用エアバッグ(26)内にサンプリング可能である。

【0023】これにより、上昇流用サンプリング配管(22)および下降流用サンプリング配管(23)を用いて、各々のサンプリング配管の出口(21a)から上昇流空気、下降流空気を各々分離して取込むことが可能となり、遅延回路が不要になり、流速分布が不均一のために発生すると考えられる混合の問題が解消されて完全な分離が可能となり、またサンプリング配管(22, 23)のチューブも細いものを用いることができる。

【0024】ガス分析計(38)は、サンプリングされたガスの成分の濃度平均値の差( $\Delta C (=C_{up} - C_{dn})$ )、 $C_{up}$ :上昇流のガス成分の濃度平均値、 $C_{dn}$ :下降流のガス成分の濃度平均値)を求めることができる。

【0025】ガスフラックス算出手段(40)は、ガスの成分の濃度平均値の差( $\Delta C (=C_{up} - C_{dn})$ )、 $C_{up}$ :上昇流のガス成分の濃度平均値、 $C_{dn}$ :下降流のガス成分の濃度平均値)、風速の標準偏差( $\sigma w$ )に基づいて、ガスフラックス( $F_g$ )を計算をすること

【0026】気温変動検出手段(42)は、上昇流の風速の鉛直成分(w)および下降流の風速の鉛直成分(w)に対して風速測定部分の気温平均値( $t_{up}$ ,  $t_{dn}$ )を各々個別に測定することができる。

【0027】ガスフラックス算出手段(40)は、風速の標準偏差( $\sigma w$ )と気温変動の標準偏差( $\sigma t$ )から顕熱フラックス( $F_{qa}$ )を算出し、上昇流の気温平均値( $t_{up}$ )と下降流の気温平均値( $t_{dn}$ )との差( $\Delta t = t_{up} - t_{dn}$ )に基づいて気温平均値を算出し顕熱フラックス( $F_{qa}$ )と気温平均値と風速の標準偏差( $\sigma w$ )とを演算して、実験計数(b)(ただしbは定数、 $=F_{qa}/(\sigma w \cdot \Delta t)$ )を随時算出するとともに、実験計数(b)に基づいてガスフラックス( $F_g$ )を計算をすることができる。

【0028】これにより、上下方向風速検知手段(36)の気温変動を測定するための気温変動検出手段(42)を設けるとともに、渦相関法による顕熱フラックス( $F_{qa}$ )と、風速の標準偏差 $\sigma w$ と風速の鉛直成分wの上下方向別に計算した気温平均値の差 $\Delta t (=t_{up}$

$-t_{dn})$ を掛けた値から実験係数(b)を計算するようにしたので、測定状況に応じた実験係数(b)を適時決定することができ、またガスフラックス( $F_g$ )の測定精度の向上を図ることができる。

【0029】また、本発明におけるガスフラックス測定装置(10)は、3方リードバルブ(34, 35)に代えて、サンプリング配管(22, 23)の出口(21a, 21b)とエアバッグ(25, 26)の入口(24a, 26a)との間に接続された高速応答性に優れた2方リードバルブ(48, 50)を用い、風速の鉛直成分(w)に基づく所定のサイクルタイムで当該2方リードバルブ(48, 50)を時分割比例制御をすることにより、ガスフラックス( $F_g$ )を計算することも可能である。

【0030】つまり、高速応答性に優れた3方リードバルブ(34, 35)または2方リードバルブ(48, 50)に対して風速の鉛直成分(w)に比例した時分割比例制御を実行することによって、定流量サンプリングでみられるような低風速域でのサンプリング誤差を低減でき、また実験係数(b)の値がほぼ1に近くなるため実験係数(b)を計算しないで済むことも可能である。このため、実験係数(b)の誤差や、熱電対(39)の不具合等による誤差が低減でき、測定の信頼性や精度を向上させることができる。

【0031】さらに、本発明におけるガスフラックス測定装置(10)は、3方リードバルブ(34, 35)に代えて、サンプリング配管(22, 23)の出口(21a, 21b)とエアバッグ(25, 26)の入口(24a, 26a)との間に接続された開度比例応答性に優れたマスフローコントローラ(52, 54)を用い、風速の鉛直成分(w)に基づく所定のサイクルタイムで当該マスフローコントローラ(52, 54)を比例制御をすることにより、ガスフラックス( $F_g$ )を計算する。

【0032】つまり、比例応答可能なマスフローコントローラ(52, 54)に対して風速の鉛直成分(w)に比例した比例制御を実行することによって、定流量サンプリングでみられるような低風速域でのサンプリング誤差を低減でき、また実験係数(b)の値がほぼ1に近くなるため実験係数(b)を計算しないで済むことも可能である。このため、実験係数(b)の誤差や、熱電対(39)の不具合等による誤差が低減でき、測定の信頼性や精度を向上させることができる。

【0033】以上説明したように本発明によれば、簡単な構成でサンプリング配管(22, 23)による輸送遅れや混合を防ぎ高い分離性能を有しかつ測定誤差の少ないガスフラックス( $F_g$ )の測定が可能な、実験係数(b)を簡単かつ精度よく随時補正したガスフラックス( $F_g$ )の測定が可能な、また実験係数(b)を用いることなく高精度のガスフラックス( $F_g$ )の測定が可能な、ガスフラックス測定装置(10)を実現できる。

【0034】

【実施例】以下、図面に基づき本発明の各種実施例を説明する。なお、各種実施例につき同種の部位には同一符号を付し、重複した説明を省略する。

【0035】以下、図面に基づき本発明の第一実施例であるガスフラックス測定装置10を説明する。図1

(a)は本発明に係る第一実施例を説明するための概略系統図であり、図1(b)は本発明に係る第一実施例に用いられる3方リードバルブの時間比例制御を説明するためのグラフである。

【0036】本実施例のガスフラックス測定装置10は、森林、草原、湿地から放出される炭酸ガス、メタンガス、亜酸化窒素ガス、水蒸気等のガスをサンプリング配管22、23を介してエアバッグ25、26に取込むとともに、これらのガスのガスフラックスFgを測定するものであって、図1(a)に示すように、ガスサンプリング手段20と上下方向風速検知手段36とガス分析計38とガスフラックス算出手段40とコントロール回路45を備えて成る。

【0037】ガスサンプリング手段20においては、図1(a)に示すように、エアバッグ25、26毎にサンプリング配管22、23が個別に設けられ、当該サンプリング配管22、23の出口21a、21bと当該エアバッグ25、26の入口24a、26aとの間に高速応答性に優れた3方リードバルブ34、35が連設されるとともに、当該3方リードバルブ34、35の吐出口30a、30bが当該エアバッグ25、26の出口24b、26bに接続されて成る。

【0038】本実施例の3方リードバルブ34、35は、リードリレーと同様に磁性を有するリード片をコイルの中に入れたもので、リード片がバルブの動きをするように構成されている。可動部が小さく構造が簡単のため、高速応答(数ms程度の応答速度)が可能でかつ長寿命である。一般のリードバルブでは数msオーダの応答速度は得られず応答のはやい時分割比例制御は不可能である。

【0039】また、3方リードバルブ34、35はオリス径を大きくすることができないため大流量のものは製作できないが、本実施例においてはサンプル流量を微量にすることによりはじめて3方リードバルブ34、35の適用が可能となったものである。

【0040】3方リードバルブ34、35の時間比例制御を実行する本実施例のガスサンプリング手段20は、図1(b)に示すように、上昇流用の場合は、風速0m/sを0%とし、風速の鉛直成分wの最大値に近いと考えられる3m/s程度を100%とし、風速wに比例してサイクルタイム34a(本実施例では、200ms)の中のON時間を変化させるものである。下降流用の場合は同様に、風速0m/sを0%とし、-3m/s程度が100%となるようにする。3方リードバルブ34、

35は電圧-パルス変換回路やコンピュータのデジタル出力で制御するものである。

【0041】本実施例のガスサンプリング手段20においては、上昇流用サンプリング配管22の出口21aと上昇流用エアバッグ25の入口25aとの間に上昇流用3方リードバルブ35および上昇流用エアポンプ44をこの順番で直列に設けるとともに、上昇流用3方リードバルブ35の吐出口30aを上昇流用3方リードバルブ35の出口24bに接続している。

10 【0042】同様に、下降流用サンプリング配管23の出口21bと下降流用エアバッグ26の入口26aとの間に下降流用3方リードバルブ34および下降流用エアポンプ46をこの順番で直列に設けるとともに、下降流用3方リードバルブ34の吐出口30bを下降流用3方リードバルブ34の出口26bに接続している。

【0043】なお、図1(b)に示すように、ガス分析をオフラインで行なう場合は、多数のエアバッグ25、26を並列に準備し、ガス流路切り替えスイッチロータリーフルードスイッチを設け、所定時間毎(例えば、例えば、30分サンプルし、30分停止させる)にガス流路を切り替えることにより、日変化を測定することも可能である。また、ガス分析をオンラインで行なう場合は、エアバッグ25、26の出口の空気をガス分析計38に導入すればよい。また、オフラインの場合は、エアバッグ25、26に小容量のものをを用いることが出来るし、さらに、省略することも可能である。

【0044】本実施例の上昇流用サンプリング配管22および下降流用サンプリング配管23としては、内径4φ以下、外形6φ以下の従来より細いフッ素樹脂管を使用することができる。

【0045】エアポンプ44、46としては、一般にダイヤフラム式エアポンプが使用されているが、本実施例ではサンプル流量が微量であり細いチューブが使用できるため、小形のダイヤフラム式エアポンプやローラーチューブ式のポンプが使用できる。

【0046】上下方向風速検知手段36は、風速の鉛直成分wを測定し、測定した風速の鉛直成分wをガスフラックス算出手段40とコントロール回路45とに伝達するように接続されて成る。

40 【0047】本実施例の上下方向風速検知手段36は、上下方向の風速を検知する風速の鉛直成分wを測定する手段であって、通常、防水形の超音波または音波風速計の一对の送受信部を上下方向地表面に対して鉛直方向に設置して使用するものである。

【0048】コントロール回路45は、ガスサンプリング手段20の3方リードバルブ35、34を所定方向に切換えることにより、サンプリング配管22、23を介して、上下方向風速検知手段36の風速測定箇所36a付近のガスを風速の鉛直成分wの値に応じた上昇流または下降流をサンプリング可能なように、上下方向風速

検知手段36とガスフラックス算出手段40とに接続されて成る。

【0049】本実施例のコントロール回路45は、超音波風速計からの風速の鉛直成分 $w$ の測定信号を判別し、上昇流用3方リードバルブ35および下降流用3方リードバルブ34を時分割比例制御するものである。

【0050】ガス分析計38は、サンプリングされたガスの成分の濃度平均値 $C_{up}$ 、 $C_{dn}$ の濃度平均値の差 $\Delta C (=C_{up}-C_{dn})$ を求めることができるように、上昇流用エアバッグ25の出口24bと下降流用エアバッグ26の出口26bとに並列に接続されている。

【0051】本実施例のガス分析計38としては、ガスの成分の濃度平均値 $C_{up}$ 、 $C_{dn}$ の濃度平均値の差 $\Delta C$ を分析するために、赤外線ガス分析計やガスクロマトグラフを用いることができる。

【0052】ガスフラックス算出手段40は、ガスの成分の濃度平均値の差 $\Delta C (=C_{up}-C_{dn})$ 、風速の標準偏差 $\sigma w$ に基づいて、ガスフラックス $F_g$ を計算するよう、ガス分析計38と上下方向風速検知手段36とに接続されて成る。

【0053】次に本発明の第一実施例の作用を説明する。本実施例におけるガスフラックス測定装置10は、風速の鉛直成分 $w$ に基づく所定のサイクルタイムで当該3方リードバルブ34、35を時分割比例制御することにより、森林、草原、湿地から放出される炭酸ガス、メタンガス、亜酸化窒素ガス、水蒸気等のガスをサンプリング配管22、23を介してエアバッグ25、26に取込むとともに、これらのガスのガスフラックス $F_g$ を計算することができる。

【0054】上下方向風速検知手段36に接続されたコントロール回路45は、風速の鉛直成分 $w$ を測定することができる。風速の鉛直成分 $w$ の値によって上昇流用3方リードバルブ35、または下降流用3方リードバルブ34の一方を選択的にON制御可能である。

【0055】3方リードバルブ34、35の時間比例制御は、風速 $0\text{ m/s}$ を0%とし、風速の鉛直成分 $w$ の最大値に近いと考えられる $3\text{ m/s}$ 程度を100%とし、風速 $w$ に比例してサイクルタイム34a（本実施例では、 $200\text{ ms}$ ）のなかのON時間を変化させるものであり、電圧-パルス幅変換回路やコンピュータのデジタル出力で制御可能である。サイクルタイム34aを本実施例では、 $200\text{ ms}$ 以下にすることにより、 $5\text{ Hz}$ 程度の風速変動までサンプル流量の比例制御が追従することができる。また、サイクルタイム34aを $100\text{ ms}$ にすれば $10\text{ Hz}$ まで追従することができる。

【0056】つまり、高速応答性に優れた3方リードバルブ34、35に対して風速の鉛直成分 $w$ に比例した時分割比例制御を実行することによって、定流量サンプリングでみられるような低風速域でのサンプリング誤差を

低減でき、また実験係数 $b$ の値がほぼ1に近くなるため実験係数 $b$ を計算しないで済むことも可能である。このため、実験係数 $b$ の誤差や、熱電対39の不具合等による誤差が低減でき、測定の信頼性や精度を向上させることができる。

【0057】本実施例の超音波または音波を用いた上下方向風速検知手段36は、ドップラー効果を利用したものであり、Sonic Anemometerと呼ばれている。

【0058】 $20\text{ cm}$ 程度の距離をおいて2対の超音波送受信器を対向させて設置し、各々の超音波送受信器から各々超音波パルスを送信させ、当該超音波パルスを対向配置された各々の超音波受信器で受信させ、空気中を超音波パルスが伝送する時間の差と2対の超音波送受信器間の距離とから風速を求めるものである。

【0059】これにより、2対の超音波送受信器を鉛直方向に設置することにより、風速の鉛直成分 $w$ を測定することができる。なお、超音波送受信器が一体になったものを一対でもよいし、送信、受信が別になったものを2対、対向させてもよい。また、ここで用いる超音波パルスはいわゆる超音波でなく、可聴周波域の音波でも測定は可能である。

【0060】ガスサンプリング手段20は、3方リードバルブ35、34を所定の方向に切換えることにより、サンプリング配管22、23を介して、上下方向風速検知手段36の風速測定箇所36a付近のガスを風速の鉛直成分 $w$ の値に応じた上昇流または下降流を上昇流用エアバッグ25または下降流用エアバッグ26内にサンプリング可能である。

【0061】これにより、1本のサンプリング配管の場合のように、輸送遅れ配管先端の空気取り込み口からリードバルブのところまで空気が流れてくる時間に相当する分だけリードバルブの開閉タイミングを遅らせる遅延回路が必要なくなり、配管中での流速分布の不均一性（配管中心部を流れる空気の流速と配管壁面付近を流れる空気の流速の差があること）による混合もなくなるため、上昇流のサンプリングと下降流のサンプリングとの完全な分離ができる。また、3方リードバルブの後にエアポンプを配したことにより、風速がゼロに近い上下どちらでもないときに空気を捨てる為のリードバルブは不要（両方のリードバルブがOFFになるだけ）であり、3方リードバルブ35、34の吐出口30a、30bとエアバッグ25、26の出口24bを接続したので、エアポンプ44、46の吸い込み側が極端な負圧とならず、周囲の空気を吸い込む恐れもない。さらに、流速分布が不均一のために発生すると考えられる混合の問題が解消されて完全な分離が可能となり、またサンプリング配管22、23のチューブも細いものを用いることができる。

【0062】なお、配管系が気密でエアポンプ44、4

6がバキュームに耐える場合は、3方リードバルブ35、34でなく、2方リードバルブを用いてもよい。さらに、風速の鉛直成分 $w$ がゼロに近いときにでも上下方向の空気の移動は考慮する必要があると考えられるので、限界値（則ち、ON-OFFのヒステリシス）は3方リードバルブ35、34がノイズで誤動作しない程度に小さくしている。

【0063】ガス分析計38は、サンプリングされたガスの成分の平均濃度 $C_{up}$ 、 $C_{dn}$ の差 $\Delta C (=C_{up}-C_{dn})$ を求めることができる。

【0064】ガスフラックス算出手段40は、ガスの成分の濃度平均値 $C_{up}$ 、 $C_{dn}$ の差 $\Delta C (=C_{up}-C_{dn})$ 、風速の標準偏差 $\sigma_w$ に基づいて、ガスフラックス $F_g$ を計算をすることができる。

【0065】以上説明したように本実施例によれば、簡単な構成でサンプリング配管22、23による輸送遅れや混合を防ぎ高い分離性能を有しかつ測定誤差の少ないガスフラックス $F_g$ の測定が可能な、実験係数 $b$ を簡単かつ精度よく随時補正したガスフラックス $F_g$ の測定が可能な、また実験係数 $b$ を用いることなく高精度のガスフラックス $F_g$ の測定が可能な、ガスフラックス測定装置10を実現できる。

【0066】さらに、高速応答性に優れた3方リードバルブ34、35に対して風速の鉛直成分に比例した時分割比例制御を実行することによって、定流量サンプリングでみられるような低風速域でのサンプリング誤差を低減でき、また実験係数の値がほぼ1に近くなるため実験係数を計算しないですむことも可能である。このため、実験係数の誤差や、熱電対39の不具合等による誤差が低減でき、測定の信頼性や精度を向上させることができるので、実験係数の誤設定による誤差や、熱電対39の不具合による測定誤差が解消でき、また測定の信頼性や精度を向上させることができる。

【0067】以下、図面に基づき本発明の第二実施例であるガスフラックス測定装置10を説明する。図2

(a)は本発明に係る第二実施例を説明するための概略系統図であり、図2(b)は本発明に係る第二実施例に用いられる2方リードバルブ48、50の時間比例制御を説明するためのグラフである。

【0068】本実施例のガスフラックス測定装置10は、森林、草原、湿地から放出される炭酸ガス、メタンガス、亜酸化窒素ガス、水蒸気等のガスをサンプリング配管22、23を介してエアバッグ25、26に取込むとともに、これらのガスのガスフラックス $F_g$ を測定するものであって、図2(a)に示すように、ガスサンプリング手段20と上下方向風速検知手段36とガス分析計38とガスフラックス算出手段40と本実施例のコントロール回路45を備えて成る。

【0069】配管系が気密で、エアポンプ44、46がバキュームに耐えることが可能な場合は、3方リードバ

ルブ34、35に代えて、2方リードバルブ48、50をもちいることができる。

【0070】本実施例のガスサンプリング手段20は、図2(a)に示すように、エアバッグ25、26毎にサンプリング配管22、23が個別に設けられ、当該サンプリング配管22、23の出口21a、21bと当該エアバッグ25、26の入口24a、26aとの間に高速応答性に優れた2方リードバルブ48、50が連設されて成り、風速の鉛直成分 $w$ に基づく所定のサイクルタイムで当該2方リードバルブ48、50を時分割比例制御をすることにより、ガスフラックス $F_g$ を計算するものである。

【0071】本実施例の2方リードバルブ48、50は、リードリレーと同様に磁性を有するリード片をコイルの中に入れたもので、リード片がバルブの働きをするように構成されている。可動部が小さく構造が簡単なため、高速応答（数ms程度の応答速度）が可能でかつ長寿命である。一般のリードバルブでは数msオーダの応答速度は得られず応答のはやい時分割比例制御は不可能である。

【0072】また、2方リードバルブ48、50はオリフィス径を大きくすることができないため大流量のものは製作できないが、本実施例においてはサンプル流量を微量にすることによりはじめて2方リードバルブ48、50の適用が可能となったものである。

【0073】2方リードバルブ48、50の時間比例制御を実行する本実施例のガスサンプリング手段20は、図2(b)に示すように、上昇流用の場合は、風速0m/sを0%とし、風速の鉛直成分 $w$ の最大値に近いと考えられる3m/s程度を100%とし、風速 $w$ に比例してサイクルタイム34a（本実施例では、200ms）の中のON時間を変化させるものである。下降流用の場合は同様に、風速0m/sを0%とし、-3m/s程度が100%となるようにする。2方リードバルブ48、50は電圧-パルス変換回路やコンピュータのデジタル出力で制御するものである。

【0074】本実施例のガスサンプリング手段20においては、上昇流用サンプリング配管22の出口21aと上昇流用エアバッグ25の入口25aとの間に上昇流用2方リードバルブ48および上昇流用エアポンプ44をこの順番で直列に接続している。

【0075】同様に、下降流用サンプリング配管23の出口21bと下降流用エアバッグ26の入口26aとの間に下降流用2方リードバルブ50および下降流用エアポンプ46をこの順番で直列に接続している。

【0076】なお、図2(b)に示すように、ガス分析をオフラインで行なう場合は、多数のエアバッグ25、26を並列に準備し、ガス流路切り替えスイッチロータリーフルードスイッチを設け、所定時間毎（例えば、例えば、30分サンプリングし、30分停止させる）にガス流

路を切り替えることにより、日変化を測定することも可能である。また、ガス分析をオンラインで行なう場合は、エアバッグ25、26の出口の空気をガス分析計38に導入すればよい。また、オフラインの場合は、エアバッグ25、26に小容量のものを用いることが出来るし、さらに、省略することも可能である。

【0077】本実施例の上昇流用サンプリング配管22および下降流用サンプリング配管23としては、内径4φ以下、外形6φ以下の従来より細いフッ素樹脂管を使用することができる。

【0078】エアポンプ44、46としては、一般にダイヤフラム式エアポンプが使用されているが、本実施例ではサンプル流量が微量であり細いチューブが使用できるため、小形のダイヤフラム式エアポンプやローラーチューブ式のポンプが使用できる。

【0079】上下方向風速検知手段36は、風速の鉛直成分wを測定し、測定した風速の鉛直成分wをガスフラックス算出手段40と本実施例のコントロール回路45とに伝達するように接続されて成る。

【0080】本実施例の上下方向風速検知手段36は、上下方向の風速を検知する風速の鉛直成分wを測定する手段であって、通常、防水形の超音波または音波風速計の一对の送受信部を上下方向地表面に対して鉛直方向に設置して使用するものである。

【0081】本実施例のコントロール回路45は、ガスサンプリング手段20の2方リードバルブ48、50を所定の方に切換えることにより、サンプリング配管22、23を介して、上下方向風速検知手段36の風速測定箇所36a付近のガスを風速の鉛直成分wの値に応じた上昇流または下降流をサンプリング可能なように、上下方向風速検知手段36とガスフラックス算出手段40とに接続されて成る。

【0082】本実施例の本実施例のコントロール回路45は、超音波風速計からの風速の鉛直成分wの測定信号を判別し、上昇流用2方リードバルブ48および下降流用2方リードバルブ50を時分割比例制御するものである。

【0083】ガス分析計38は、サンプリングされたガスの成分のガスの成分の濃度平均値 $C_{up}$ 、 $C_{dn}$ の濃度平均値の差 $\Delta C (=C_{up}-C_{dn})$ を求めることができるように、上昇流用エアバッグ25の出口24bと下降流用エアバッグ26の出口26bとに並列に接続されている。

【0084】本実施例のガス分析計38としては、ガスの成分の濃度平均値 $C_{up}$ 、 $C_{dn}$ の濃度平均値の差 $\Delta C$ を分析するために、赤外線ガス分析計やガスクロマトグラフを用いることができる。

【0085】ガスフラックス算出手段40は、ガスの成分の濃度平均値の差 $\Delta C (=C_{up}-C_{dn})$ 、風速の標準偏差 $\sigma_w$ に基づいて、ガスフラックス $F_g$ を計算を

するよう、ガス分析計38と上下方向風速検知手段36とに接続されて成る。

【0086】次に本発明の第二実施例の作用を説明する。本実施例におけるガスフラックス測定装置10は、風速の鉛直成分wに基づく所定のサイクルタイムで当該2方リードバルブ48、50を時分割比例制御をすることにより、森林、草原、湿地から放出される炭酸ガス、メタンガス、亜酸化窒素ガス、水蒸気等のガスをサンプリング配管22、23を介してエアバッグ25、26に取込むとともに、これらのガスのガスフラックス $F_g$ を計算することができる。

【0087】上下方向風速検知手段36に接続された本実施例のコントロール回路45は、風速の鉛直成分wを測定することができる。風速の鉛直成分wの値によって上昇流用2方リードバルブ48、または下降流用2方リードバルブ50の一方を選択的にON制御可能である。

【0088】2方リードバルブ48、50の時間比例制御は、風速0m/sを0%とし、風速の鉛直成分wの最大値に近いと考えられる3m/s程度を100%とし、風速wに比例してサイクルタイム34a（本実施例では、200ms）のなかのON時間を変化させるものであり、電圧-パルス幅変換回路やコンピュータのデジタル出力で制御可能である。サイクルタイム34aを本実施例では、200ms以下にすることにより、5Hz程度の風速変動までサンプル流量の比例制御が追従することができる。また、サイクルタイム34aを100msにすれば10Hzまで追従することができる。

【0089】つまり、高速応答性に優れた2方リードバルブ48、50に対して風速の鉛直成分wに比例した時分割比例制御を実行することによって、定流量サンプリングでみられるような低風速域でのサンプリング誤差を低減でき、また実験係数bの値がほぼ1に近くなるため実験係数bを計算しないで済むことも可能である。このため、実験係数bの誤差や、熱電対39の不具合等による誤差が低減でき、測定の信頼性や精度を向上させることができる。

【0090】本実施例の超音波または音波を用いた上下方向風速検知手段36は、ドップラー効果を利用したものであり、Sonic Anemometerと呼ばれている。

【0091】20cm程度の距離をおいて2対の超音波送受信器を対向させて設置し、各々の超音波送信器から各々超音波パルスを送信させ、当該超音波パルスを対向配置された各々の超音波受信器で受信させ、空気中を超音波パルスが伝送する時間の差と2対の超音波送受信器間の距離とから風速を求めるものである。

【0092】これにより、2対の超音波送受信器を鉛直方向に設置することにより、風速の鉛直成分wを測定することができる。なお、超音波送受信器が一体になったものを一对でもよいし、送信、受信が別になったものを

10

20

30

40

50

2対、対向させてもよい。また、ここで用いる超音波バルスはいわゆる超音波でなく、可聴周波域の音波でも測定は可能である。

【0093】ガスサンプリング手段20は、2方リードバルブ48、50を所定の方向に切換えることにより、サンプリング配管22、23を介して、上下方向風速検知手段36の風速測定箇所36a付近のガスを風速の鉛直成分wの値に応じた上昇流または下降流を上昇流用エアバッグ25または下降流用エアバッグ26内にサンプリング可能である。

【0094】これにより、1本のサンプリング配管の場合のように、輸送遅れ配管先端の空気取り込み口から2方リードバルブ48、50のところまで空気が流れてくる時間に相当する分だけ2方リードバルブ48、50の開閉タイミングを遅らせる遅延回路が必要なくなり、配管中での流速分布の不均一性（配管中心部を流れる空気の流速と配管壁面付近を流れる空気の流速の差があること）による混合もなくなるため、上昇流のサンプリングと下降流のサンプリングとの完全な分離ができる。また、2方リードバルブ48、50の後にエアポンプを配したことにより、風速がゼロに近い上下どちらでもないときに空気を捨てる為の電磁弁は不要（両方の2方リードバルブ48、50がOFFになるだけ）であり、2方リードバルブ48、50の吐出口30a、30bとエアバッグ25、26の出口24bを接続したので、エアポンプ44、46の吸い込み側が極端な負圧とならず、周囲の空気を吸い込む恐れもない。さらに、流速分布が不均一のために発生すると考えられる混合の問題が解消されて完全な分離が可能となり、またサンプリング配管22、23のチューブも細いものを用いることができる。

【0095】ガス分析計38は、サンプリングされたガスの成分の平均濃度 $C_{up}$ 、 $C_{dn}$ の差 $\Delta C (=C_{up}-C_{dn})$ を求めることができる。

【0096】ガスフラックス算出手段40は、ガスの成分の濃度平均値 $C_{up}$ 、 $C_{dn}$ の差 $\Delta C (=C_{up}-C_{dn})$ 、風速の標準偏差 $\sigma_w$ に基づいて、ガスフラックス $F_g$ を計算をすることができる。

【0097】以上説明したように本実施例によれば、簡単な構成でサンプリング配管22、23による輸送遅れや混合を防ぎ高い分離性能を有しかつ測定誤差の少ないガスフラックス $F_g$ の測定が可能な、実験係数bを簡単かつ精度よく随時補正したガスフラックス $F_g$ の測定が可能な、また実験係数bを用いることなく高精度のガスフラックス $F_g$ の測定が可能な、ガスフラックス測定装置10を実現できる。さらに、高速応答性に優れた2方リードバルブ48、50に対して風速の鉛直成分に比例した時分割比例制御を実行することによって、定流量サンプリングでみられるような低風速域でのサンプリング誤差を低減でき、また実験係数の値がほぼ1に近くなるため実験係数を計算しないですむことも可能である。こ

のため、実験係数の誤差や、熱電対39の不具合等による誤差が低減でき、測定の信頼性や精度を向上させることができるので、実験係数の誤設定による誤差や、熱電対39の不具合による測定誤差が解消でき、また測定の信頼性や精度を向上させることができる。

【0098】以下、図面に基づき本発明の第三実施例であるガスフラックス測定装置10を説明する。図3

(a)は本発明に係る第三実施例を説明するための概略系統図であり、図3(b)は本発明に係る第三実施例に用いられるマスフローコントローラ52、54の開度の比例制御を説明するためのグラフである。

【0099】本実施例のガスフラックス測定装置10は、森林、草原、湿地から放出される炭酸ガス、メタンガス、亜酸化窒素ガス、水蒸気等のガスをサンプリング配管22、23を介してエアバッグ25、26に取込むとともに、これらのガスのガスフラックス $F_g$ を測定するものであって、図3(a)に示すように、ガスサンプリング手段20と上下方向風速検知手段36とガス分析計38とガスフラックス算出手段40と本実施例のコントロール回路45を備えて成る。

【0100】応答が速く開度の比例制御の可能なエアポンプを用いれば、3方リードバルブ34、35に代えて、開度の比例応答性に優れたマスフローコントローラ52、54を用いて、サンプルガス流量を開度の比例制御することができる。

【0101】本実施例のガスサンプリング手段20は、図3(a)に示すように、エアバッグ25、26毎にサンプリング配管22、23が個別に設けられ、当該サンプリング配管22、23の出口21a、21bと当該エアバッグ25、26の入口24a、26aとの間に開度の比例応答性に優れたマスフローコントローラ52、54が連設されて成り、風速の鉛直成分wに基づく所定のサイクルタイムで当該マスフローコントローラ52、54を開度の比例制御をすることにより、ガスフラックス $F_g$ を計算するものである。

【0102】マスフローコントローラ52、54の開度の比例制御を実行する本実施例のガスサンプリング手段20は、図3(b)に示すように、上昇流の場合は、風速 $0\text{ m/s}$ を0%とし、風速の鉛直成分wの最大値に近いと考えられる $3\text{ m/s}$ 程度を100%とし、風速wに比例してサイクルタイム34a（本実施例では、200ms）の中の開度を変化させるものである。下降流の場合は同様に、風速 $0\text{ m/s}$ を0%とし、 $-3\text{ m/s}$ 程度が100%となるようにする。マスフローコントローラ52、54は電圧-パルス変換回路やコンピュータの出力で制御するものである。

【0103】本実施例のガスサンプリング手段20においては、上昇流用サンプリング配管22の出口21aと上昇流用エアバッグ25の入口25aとの間に上昇流用マスフローコントローラ52および上昇流用エアポンプ

44をこの順番で直列に接続している。

【0104】同様に、下降流用サンプリング配管23の出口21bと下降流用エアバッグ26の入口26aとの間に下降流用マスフローコントローラ54および下降流用エアポンプ46をこの順番で直列に接続している。

【0105】なお、図3(b)に示すように、ガス分析をオフラインで行なう場合は、多数のエアバッグ25、26を並列に準備し、ガス流路切り替えスイッチロータリーフルードスイッチを設け、所定時間毎(例えば、例えば、30分サンプルし、30分停止させる)にガス流路を切り替えることにより、日変化を測定することも可能である。また、ガス分析をオンラインで行なう場合は、エアバッグ25、26の出口の空気をガス分析計38に導入すればよい。また、オフラインの場合は、エアバッグ25、26に小容量のものを用いることが出来るし、さらに、省略することも可能である。

【0106】本実施例の上昇流用サンプリング配管22および下降流用サンプリング配管23としては、内径4φ以下、外形6φ以下の従来より細いフッ素樹脂管を使用することができる。

【0107】エアポンプ44、46としては、一般にダイヤフラム式エアポンプが使用されているが、本実施例ではサンプル流量が微量であり細いチューブが使用できるため、小形のダイヤフラム式エアポンプやローラーチューブ式のポンプが使用できる。

【0108】上下方向風速検知手段36は、風速の鉛直成分wを測定し、測定した風速の鉛直成分wをガスフラックス算出手段40と本実施例のコントロール回路45とに伝達するように接続されて成る。

【0109】本実施例の上下方向風速検知手段36は、上下方向の風速を検知する風速の鉛直成分wを測定する手段であって、通常、防水形の超音波または音波風速計の一对の送受信部を上下方向地表面に対して鉛直方向に設置して使用するものである。

【0110】本実施例のコントロール回路45は、ガスサンプリング手段20のマスフローコントローラ52、54を所定の方向に切換えることにより、サンプリング配管22、23を介して、上下方向風速検知手段36の風速測定箇所36a付近のガスを風速の鉛直成分wの値に応じた上昇流または下降流をサンプリング可能なように、上下方向風速検知手段36とガスフラックス算出手段40とに接続されて成る。

【0111】本実施例の本実施例のコントロール回路45は、超音波風速計からの風速の鉛直成分wの測定信号を判別し、上昇流用マスフローコントローラ52および下降流用マスフローコントローラ54を開度の比例制御するものである。

【0112】ガス分析計38は、サンプリングされたガスの成分のガスの成分の濃度平均値 $C_{up}$ 、 $C_{dn}$ の濃度平均値の差 $\Delta C (=C_{up}-C_{dn})$ を求めることが

できるように、上昇流用エアバッグ25の出口24bと下降流用エアバッグ26の出口26bとに並列に接続されている。

【0113】本実施例のガス分析計38としては、ガスの成分の濃度平均値 $C_{up}$ 、 $C_{dn}$ の濃度平均値の差 $\Delta C$ を分析するために、赤外線ガス分析計やガスクロマトグラフを用いることができる。

【0114】ガスフラックス算出手段40は、ガスの成分の濃度平均値の差 $\Delta C (=C_{up}-C_{dn})$ 、風速の標準偏差 $\sigma_w$ に基づいて、ガスフラックス $F_g$ を計算するよう、ガス分析計38と上下方向風速検知手段36とに接続されて成る。

【0115】次に本発明の第三実施例の作用を説明する。本実施例におけるガスフラックス測定装置10は、風速の鉛直成分wに基づく所定のサイクルタイムで当該マスフローコントローラ52、54を開度の比例制御することにより、森林、草原、湿地から放出される炭酸ガス、メタンガス、亜酸化窒素ガス、水蒸気等のガスをサンプリング配管22、23を介してエアバッグ25、26に取込むとともに、これらのガスのガスフラックス $F_g$ を計算することができる。

【0116】上下方向風速検知手段36に接続された本実施例のコントロール回路45は、風速の鉛直成分wを測定することができる。風速の鉛直成分wの値によって上昇流用マスフローコントローラ52、または下降流用マスフローコントローラ54の一方を選択的に開度の比例制御可能である。

【0117】マスフローコントローラ52、54の開度の比例制御は、風速0m/sを0%とし、風速の鉛直成分wの最大値に近いと考えられる3m/s程度を100%とし、風速wに比例してサイクルタイム34a(本実施例では、200ms)のなかの開度を変化させるものであり、電圧-パルス幅変換回路やコンピュータのデジタル出力で制御可能である。サイクルタイム34aを本実施例では、200ms以下にすることにより、5Hz程度の風速変動までサンプル流量の開度の比例制御が追従することができる。また、サイクルタイム34aを100msにすれば10Hzまで追従することができる。

【0118】つまり、開度の比例応答性に優れたマスフローコントローラ52、54に対して風速の鉛直成分wに比例した開度の比例制御を実行することによって、定流量サンプリングでみられるような低風速域でのサンプリング誤差を低減でき、また実験係数bの値がほぼ1に近くなるため実験係数bを計算しないですむことも可能である。このため、実験係数bの誤差や、熱電対39の不具合等による誤差が低減でき、測定の信頼性や精度を向上させることができる。

【0119】本実施例の超音波または音波を用いた上下方向風速検知手段36は、ドップラー効果を利用したも

のであり、Sonic Anemometerと呼ばれている。

【0120】20cm程度の距離において2対の超音波送受信器を対向させて設置し、各々の超音波送信器から各々超音波パルスを送信させ、当該超音波パルスを対向配置された各々の超音波受信器で受信させ、空気中を超音波パルスが伝送する時間の差と2対の超音波送受信器間の距離とから風速を求めるものである。

【0121】これにより、2対の超音波送受信器を鉛直方向に設置することにより、風速の鉛直成分 $w$ を測定することができる。なお、超音波送受信器が一体になったものを一対でもよいし、送信、受信が別になったものを2対、対向させてもよい。また、ここで用いる超音波パルスはいわゆる超音波でなく、可聴周波域の音波でも測定は可能である。

【0122】ガスサンプリング手段20は、マスフローコントローラ52、54を所定方向に切換えることにより、サンプリング配管22、23を介して、上下方向風速検知手段36の風速測定箇所36a付近のガスを風速の鉛直成分 $w$ の値に応じた上昇流または下降流を上昇流用エアバッグ25または下降流用エアバッグ26内にサンプリング可能である。

【0123】これにより、1本のサンプリング配管の場合のように、輸送遅れ配管先端の空気取り込み口からリードバルブのところまで空気が流れてくる時間に相当する分だけマスフローコントローラ52、54の開閉タイミングを遅らせる遅延回路が必要なくなり、配管中での流速分布の不均一性（配管中心部を流れる空気の流速と配管壁面付近を流れる空気の流速の差があること）による混合もなくなるため、上昇流のサンプリングと下降流のサンプリングとの完全な分離ができる。また、マスフローコントローラ52、54の後にエアポンプを配したことにより、風速がゼロに近い上下どちらでもないときに空気を捨てる為の電磁弁は不要（両方のマスフローコントローラ52、54がOFFになるだけ）であり、マスフローコントローラ52、54の吐出口30a、30bとエアバッグ25、26の出口24bを接続したので、エアポンプ44、46の吸い込み側が極端な負圧とならず、周囲の空気を吸い込む恐れもない。さらに、流速分布が不均一のために発生すると考えられる混合の問題が解消されて完全な分離が可能となり、またサンプリング配管22、23のチューブも細いものを用いることができる。

【0124】ガス分析計38は、サンプリングされたガスの成分の平均濃度 $C_{up}$ 、 $C_{dn}$ の差 $\Delta C (=C_{up}-C_{dn})$ を求めることができる。

【0125】ガスフラックス算出手段40は、ガスの成分の濃度平均値 $C_{up}$ 、 $C_{dn}$ の差 $\Delta C (=C_{up}-C_{dn})$ 、風速の標準偏差 $\sigma_w$ に基づいて、ガスフラックス $F_g$ を計算をすることができる。

【0126】以上説明したように本実施例によれば、簡単な構成でサンプリング配管22、23による輸送遅れや混合を防ぎ高い分離性能を有しかつ測定誤差の少ないガスフラックス $F_g$ の測定が可能で、実験係数 $b$ を簡単かつ精度よく随時補正したガスフラックス $F_g$ の測定が可能で、また実験係数 $b$ を用いることなく高精度のガスフラックス $F_g$ の測定が可能で、ガスフラックス測定装置10を実現できる。さらに、開度の比例応答性に優れたマスフローコントローラ52、54に対して風速の鉛直成分に比例した開度の比例制御を実行することによって、定流量サンプリングでみられるような低風速域でのサンプリング誤差を低減でき、また実験係数の値がほぼ1に近くなるため実験係数を計算しなくても可能である。このため、実験係数の誤差や、熱電対39の不具合等による誤差が低減でき、測定の信頼性や精度を向上させることができるので、実験係数の誤設定による誤差や、熱電対39の不具合による測定誤差が解消でき、また測定の信頼性や精度を向上させることができる。

【0127】

【発明の効果】上昇流用サンプリング配管および下降流用サンプリング配管を用いて、各々の空気取り込み口から上昇流空気、下降流空気を各々分離して取込むことが可能となり、リードバルブまたはマスフローコントローラの遅延回路が不要になり、流速分布が不均一のために発生すると考えられる混合の問題が解消されて完全な分離が可能となり、またサンプリング配管のチューブも細いものを用いることが可能となるので、遅延回路が不要となり、サンプリング配管中の流速分布の不均一に起因すると考えられる混合を防ぐことができる。

【0128】また、リードバルブまたはマスフローコントローラの後にエアポンプをつけることにより、風速がゼロに近いときでもリードバルブまたはマスフローコントローラをOFFにする必要はなくなりリードバルブまたはマスフローコントローラがノイズで誤動作しない程度に限界値を小さくすることが可能となるので、風速がゼロに近いと上下どちらでもない場合であっても専用のリードバルブまたはマスフローコントローラを設けて空気を捨てる必要がなくなって空気を捨てるための電磁弁は不要になり、限界値の設定にともなう誤差要因も解消可能となる。

【0129】上下方向風速検知手段の気温変動を測定するための気温変動検出手段を設けるとともに、渦相関法による顕熱フラックスと、風速の標準偏差と風速の鉛直成分の上下方向別に計算した気温平均値の差を掛けた値から実験係数を計算するようにしたので、測定状況に応じた実験係数を適時決定することができ、またガスフラックスの測定精度の向上を図ることが可能となるので装置毎に、または測定場所もしくは条件毎に実験係数を定める必要がなくなり、決定のための手数が省略でき、ま

たガスフラックスの測定精度も向上できる。

【0130】高速応答性に優れたリードバルブに対して風速の鉛直成分に比例した時分割比例制御を実行することによって、定流量サンプリングでみられるような低風速域でのサンプリング誤差を低減でき、また実験係数の値がほぼ1に近くなるため実験係数を計算しないですむことも可能である。このため、実験係数の誤差や、熱電対の不具合等による誤差が低減でき、測定の信頼性や精度を向上させることができるので、実験係数の誤設定による誤差や、熱電対の不具合による測定誤差が解消でき、また測定の信頼性や精度を向上させることができる。

【0131】開度比例応答性に優れたマスフローコントローラに対して風速の鉛直成分に比例した比例制御を実行することによって、定流量サンプリングでみられるような低風速域でのサンプリング誤差を低減でき、また実験係数の値がほぼ1に近くなるため実験係数を計算しないですむことも可能である。このため、実験係数の誤差や、熱電対の不具合等による誤差が低減でき、測定の信頼性や精度を向上させることができるので、実験係数の誤設定による誤差や、熱電対の不具合による測定誤差が解消でき、また測定の信頼性や精度を向上させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1(a)は本発明に係る第一実施例を説明するための概略系統図であり、図1(b)は本発明に係る第一実施例に用いられる3方リードバルブの時間比例制御を説明するためのグラフである。

【図2】図2(a)は本発明に係る第二実施例を説明するための概略系統図であり、図2(b)は本発明に係る第二実施例に用いられる2方リードバルブの時間比例制御を説明するためのグラフである。

【図3】図3(a)は本発明に係る第三実施例を説明するための概略系統図であり、図3(b)は本発明に係る第三実施例に用いられるマスフローコントローラの比例制御を説明するためのグラフである。

【図4】チャンバ法を用いた従来のガスフラックス測定装置を説明するための概略系統図である。

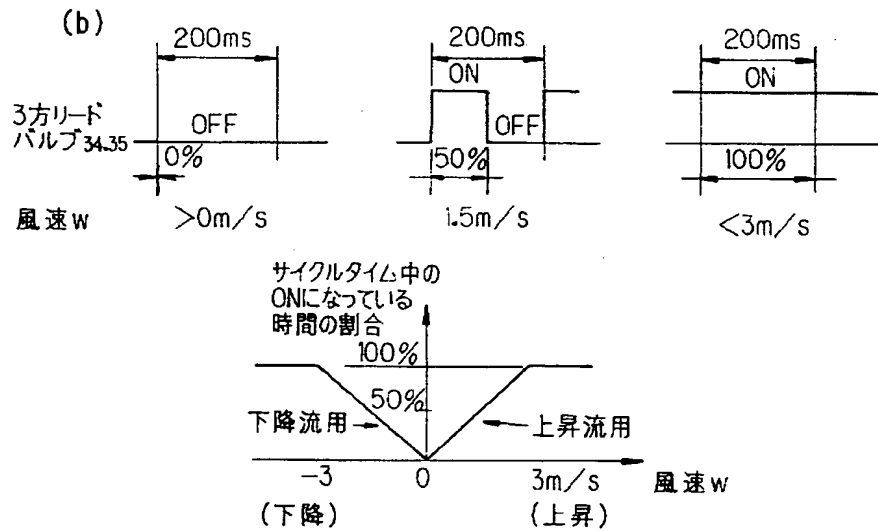
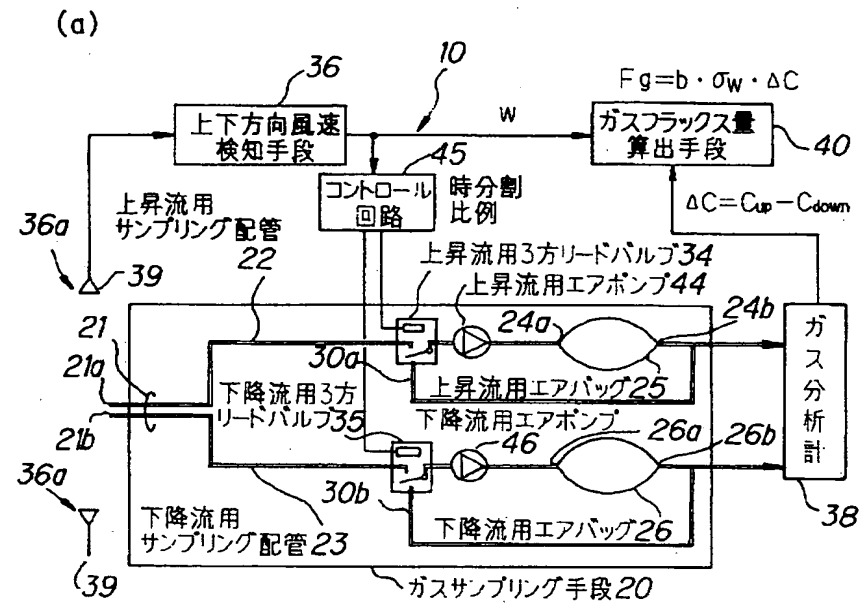
【図5】空気力学的方法を用いた従来のガスフラックス測定装置を説明するための概略系統図である。

【図6】渦相関法を用いた従来のガスフラックス測定装置を説明するための概略系統図である。

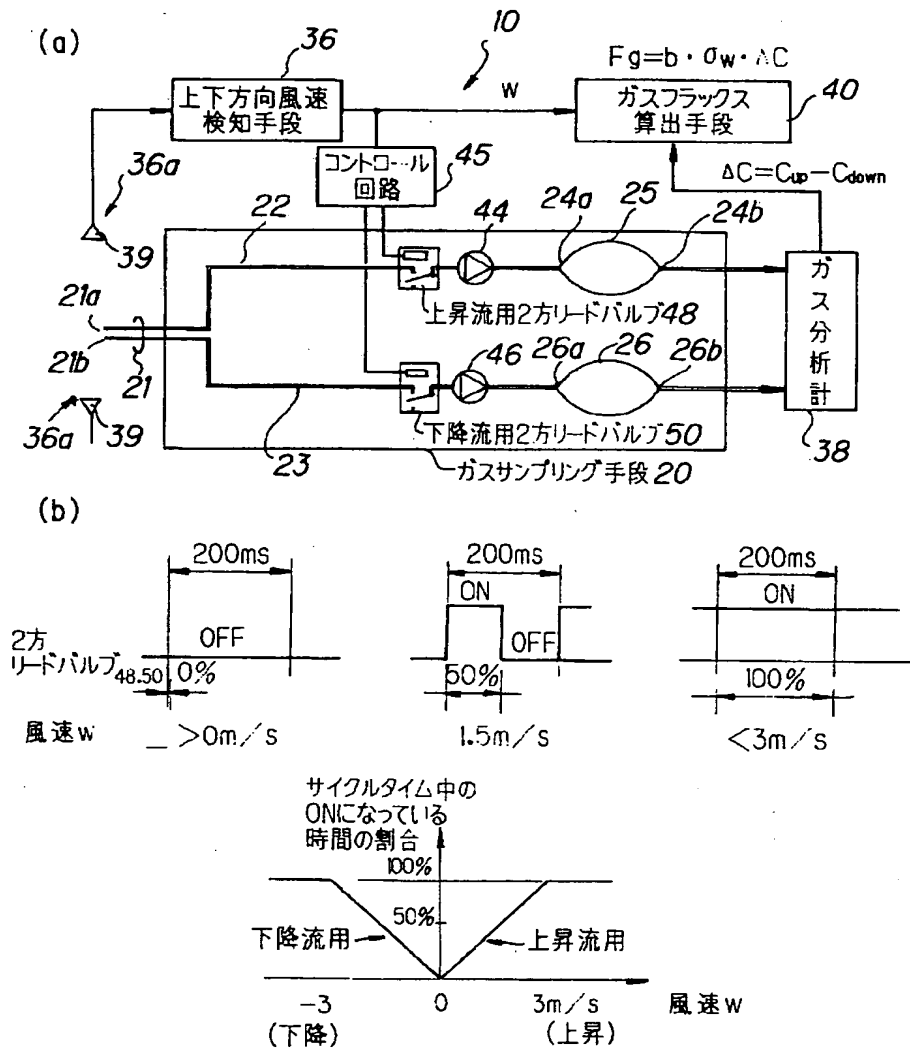
#### 【符号の説明】

- 10…ガスフラックス測定装置
- 20…ガスサンプリング手段
- 21…サンプリング配管
- 21a, 21b…サンプリング配管の出口
- 22…上昇流用サンプリング配管
- 23…下降流用サンプリング配管
- 24…エアバッグ
- 25a, 26a…エアバッグの入口
- 24b, 26b…エアバッグの出口
- 25…上昇流用エアバッグ
- 26…下降流用エアバッグ
- 30a, 30b…吐出口
- 34…上昇流用3方リードバルブ
- 34a…サイクルタイム
- 35…下降流用3方リードバルブ
- 36…上下方向風速検知手段
- 36a…風速測定箇所
- 38…ガス分析計
- 40…ガスフラックス算出手段
- 42…気温変動検出手段
- 44…上昇流用エアポンプ
- 45…コントロール回路
- 46…下降流用エアポンプ
- 48…上昇流用2方リードバルブ
- 50…下降流用2方リードバルブ
- 52…上昇流用マスフローコントローラ
- 54…下降流用マスフローコントローラ
- w…風速の鉛直成分
- Fg…ガスフラックス
- Cup…上昇流のガス成分の濃度平均値
- Cdn…下降流のガス成分の濃度平均値
- $\Delta C$ …ガスの成分の濃度平均値の差( $=Cup - Cdn$ )
- $\sigma w$ …風速の標準偏差
- tup…上昇流の気温平均値
- tdn…下降流の気温平均値
- $\Delta t$ …気温平均値の差( $=tup - tdn$ )
- $\sigma t$ …気温変動の標準偏差
- Fqa…顕熱フラックス( $=\sigma w \cdot \sigma t$ )
- b…実験計数(定数、 $=Fqa / (\sigma w \cdot \Delta t)$ )

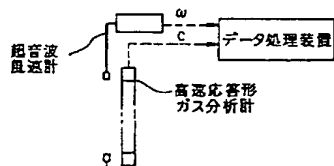
【図1】



【図2】



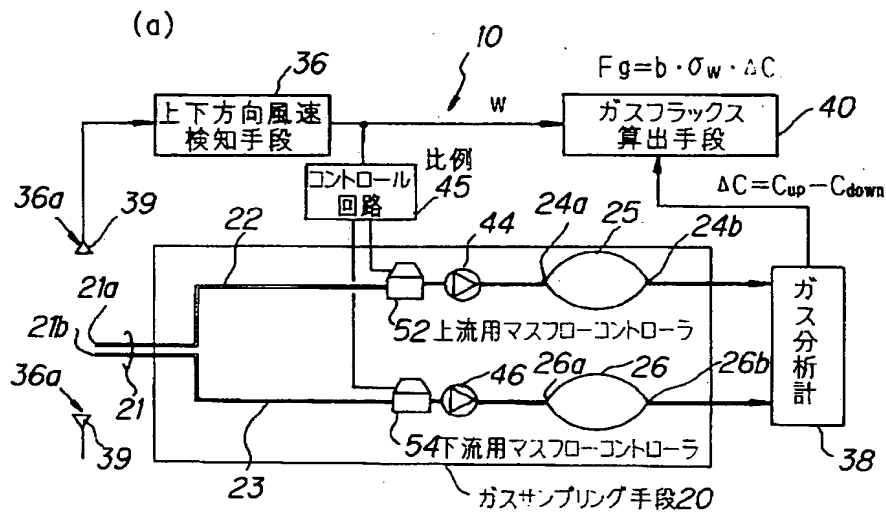
【図6】



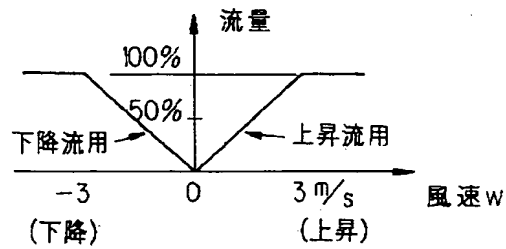
$$F_g = \sigma_w \cdot \sigma_c$$

$F_g$  : ガスフラックス  
 $\sigma_w$  : 風速変動の標準偏差  
 $\sigma_c$  : ガス濃度変動の標準偏差

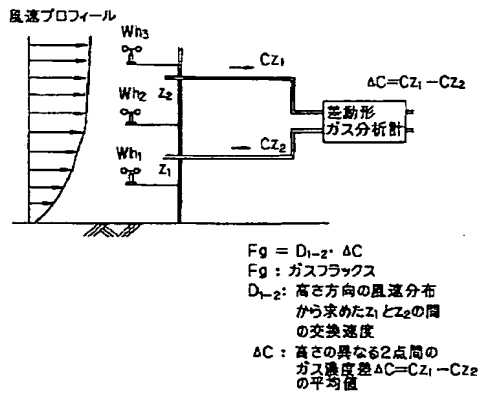
【図3】



(b)

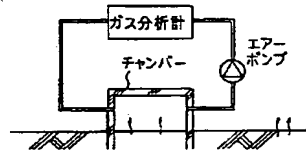


【図5】



【図4】

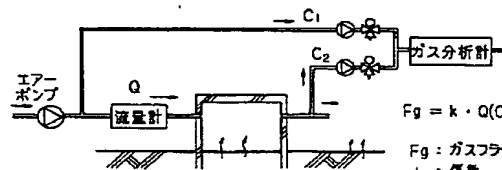
## (a) 閉鎖式



$$F_g = k \cdot V \cdot \frac{dc}{dt}$$

$F_g$  : ガスフラックス  
 $k$  : 係数  
 $V$  : チャンバー容積  
 $\frac{dc}{dt}$  : チャンバー内の  
 ガス濃度変化速度

## (b) 開放式



$$F_g = k \cdot Q(C_1 - C_2)$$

$F_g$  : ガスフラックス  
 $k$  : 係数  
 $Q$  : 通気流量  
 $C_{1,2}$  : チャンバー入口, 出口  
 のガス濃度